

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-154693

(43)Date of publication of application : 09.06.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065  
G01N 21/27  
H01L 21/66  
H05H 1/46

(21)Application number : 08-189117

(71)Applicant : INTERNATL BUSINESS MACH CORP <IBM>  
SOFIE INSTR

(22)Date of filing : 18.07.1996

(72)Inventor : CANTELOUP JEAN  
CORONEL PHILIPPE

(30)Priority

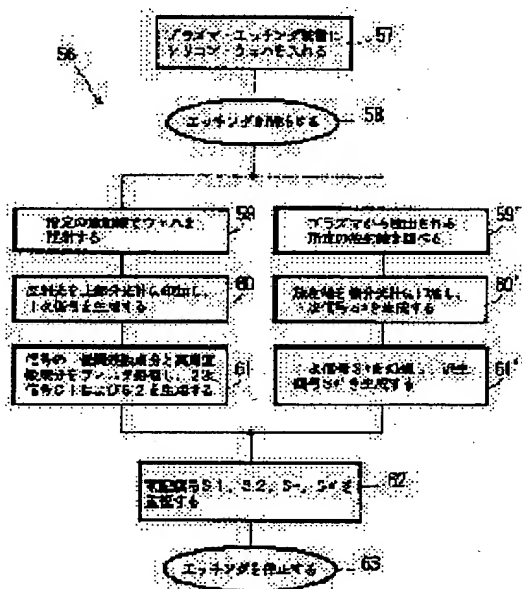
Priority number : 95 95480099 Priority date : 24.07.1995 Priority country : EP

## (54) METHOD FOR MONITORING TRENCH FORMING PROCESS IN REAL TIME AT JOB SITE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method by which a trench forming process can be monitored in real time at a job site.

SOLUTION: A wafer is put in a plasma etching device (57) and plasma is generated (58). The surface of a wafer having a large area is irradiated with a radiant ray having a designated wavelength at a vertical incident angle through an inspection hole (59). Reflected light rays are collected and impressed upon a spectrometer and an interferometer type primary signal S is generated (60) and the signal S is simultaneously applied upon two filters (61). Of the two filters, a low-pass filter outputs first secondary signals S1 containing the data about the deposition speed and the thickness of a re-deposited layer and a band-pass filter outputs second secondary signals S2 containing the data about the etching rate and depth of a trench. Thus the filtrated signals are monitored in a standardized way (62) and the thickness of the re-deposited SiO2 layer and trench forming parameters, such as the depth of the trench, etc., are accurately measured in real time so that the terminating point of etching can be decided accurately.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.12.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3429137

[Date of registration] 16.05.2003

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

## 識別記号

## F I

H 0 1 L 21/3065

H 0 1 L 21/302

E

G 0 1 N 21/27

G 0 1 N 21/27

B

H 0 1 L 21/66

H 0 1 L 21/66

P

H 0 5 H 1/46

H 0 5 H 1/46

A

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平8-189117

(22) 出願日 平成8年(1996) 7月18日

(31) 優先権主張番号 95480099. 1

(32) 優先日 1995年7月24日

(33) 優先権主張国 フランス (FR)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州  
アーモンク (番地なし)

(71) 出願人 598105105

ソフィー・インスツルメンツ

フランス91290 アルバジョン、デ エガ

リー・ルード7

(74) 代理人 弁理士 合田 潔 (外2名)

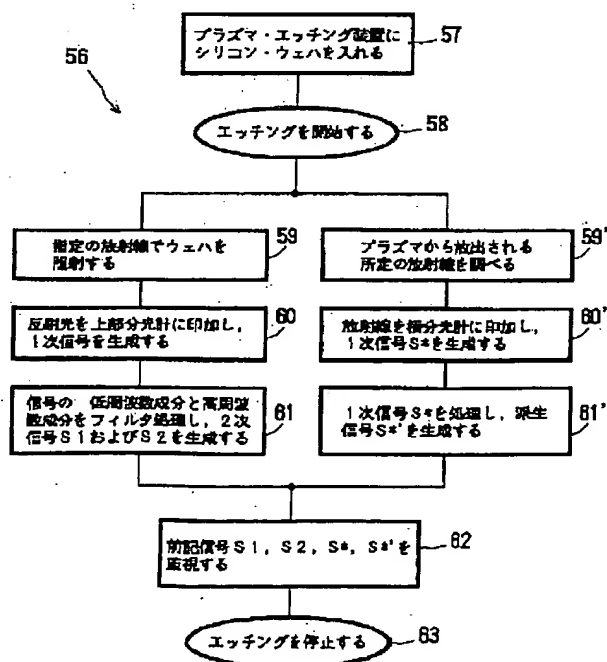
最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 トレンチ形成プロセスのリアルタイム現場監視のための方法

## (57) 【要約】

【課題】 トレンチ形成プロセスを現場でかつリアルタイムで監視する方法を提供する。

【解決手段】 ウェハをプラズマ・エッチング装置に入れ (57)、プラズマを生成する (58)。指定の波長の放射線により垂直の入射角でのぞき窓からウェハの大きい面積を照射する (59)。反射光を収集し、分光計に印加し、干渉計タイプの1次信号Sを生成する (60)。次に、この信号を2つのフィルタに同時に印加する (61)。低域フィルタは、付着速度と再付着層の厚さに関連するデータを含む第1の2次信号S1を出力する。帯域フィルタは、トレンチ・エッチング速度と深さに関連するデータを含む第2の2次信号S2を出力する。このようにフィルタ処理した信号を標準通りに監視し (62)、SiO<sub>2</sub>再付着層の厚さやトレンチ深さなどのトレンチ形成パラメータをリアルタイムで正確に測定し、エッチング終点を正確に決定できるようにする (63)。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリコン・ウェハの基板でのトレンチ形成プロセス中にトレンチ深さおよびSiO<sub>2</sub>再付着層の厚さのパラメータをリアルタイムかつ現場で監視するための方法において、

- a) エッチング装置の空にした反応室にウェハを入れるステップと、
- b) O<sub>2</sub>を含むプラズマを生成して前記基板の少なくとも一部に所望のトレンチ・パターンをエッチングし、トレンチ形成中にSiO<sub>2</sub>層が再付着するステップと、
- c) 少なくとも1つの指定の放射線波長(L)を含む光ビームを使い、適当な入射角で前記一部の所定の面積を照射し、干渉計タイプの反射光を発生するステップと、
- d) 反射光を分光計に印加し、1次信号(S)を生成するステップと、
- e) 前記1次信号を構成しそれぞれ2次信号S1およびS2と呼ばれる低周波成分と、より高周波の成分とを抽出するために前記1次信号を処理するステップと、
- f) 再付着速度とSiO<sub>2</sub>再付着層の厚さに関連データとを含む前記2次信号S1と、トレンチ・エッチング速度とトレンチ深さに関連データとを含む前記2次信号S2とを監視するステップと、
- g) 所望の最終トレンチ深さDfが達成されると、エッチングを停止するステップとを含むことを特徴とする方法。

【請求項2】 前記ステップe)が、低周波成分を抽出するための低域フィルタと、高周波成分を抽出するために干渉計使用現象の基本周波数付近に中心を合わせた帯域フィルタという2つのフィルタに前記1次信号を同時に印加することにあることを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【請求項3】 i) ステップc)と同時に、構造に近接する分光計を使い、ゼロの入射角で所定の放射線波長(L\*)を有するプラズマの種を観察するステップと、  
j) 前記放射線を分光計に印加し、プラズマの光学発光を示す別の1次信号(S\*)を生成するステップと、  
k) 前記2次信号(S1およびS2)との相関関係の有無について前記1次信号(S\*)またはその派生信号(S\*')を監視し、その妥当性検査のためにプラズマの異常(不安定さ、消衰など)を特定するステップとをさらに含むことを特徴とする、請求項1または2に記載の方法。

【請求項4】 ステップc)が、多数のトレンチを含むウェハの大きい面積または少数のトレンチを含むウェハの小さい面積のいずれかを照射することにあることを特徴とする、請求項1、2、または3に記載の方法。

【請求項5】 前記フィルタが、アナログ・タイプかまたはデジタル・タイプのいずれかであることを特徴とする、請求項1ないし4のいずれかに記載の方法。

【請求項6】 数値タイプの前記フィルタがCauserf

ィルタであることを特徴とする、請求項6に記載の方法。

【請求項7】 L=365nmであり、L\*=447nmであることを特徴とする、請求項1ないし7のいずれかに記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、トレンチを取り入れた半導体集積回路の製造に関し、より具体的には乾式エッチング技法によるトレンチ形成プロセスをリアルタイムかつ現場で監視するための方法に関する。この方法により、エッチ・エンド・ポイントを正確に検出することができる。

## 【0002】

【従来の技術】 ディープ・トレンチ技術は、素子のパフォーマンスと密度を改良するために高度バルクCMOSおよびバイポーラ半導体素子を開発する際に重要な要素の1つである。トレンチは、主にバイポーラ素子の分離またはDRAMメモリ・チップ内のキャパシタの製作における半導体技術で広く使用されている。製作中のトレンチの重要なパラメータはその深さであり、これはキャパシタ・トレンチの場合は3~10μmの範囲、分離トレンチの場合は3~20μmの範囲にすることができる。これまでに半導体基板にトレンチを異方性エッチングするための各種技法が開発されてきたが、今までは確かに反応性イオン・エッチング(RIE)などの乾式(プラズマ)エッチング技法が最も一般的に使用されている。

【0003】 トレンチ・キャパシタを備えたCMOS DRAMセルの製造における最新のディープ・トレンチ形成プロセスについては、図1ないし図5に関連して以下に簡単に説明する。これらの図は、その処理の様々な段階での半導体構造の断面図である。

【0004】 図1に示すように、同図には従来の半導体ウェハの一部が示されている。構造10は、いわゆるトレンチ・パッド12を形成する複合絶縁層でコーティングされたシリコン(Si)基板11を含む。前記複合層は、通常、厚さ15nmの最下部酸化ケイ素(SiO<sub>2</sub>)層13と、厚さ175nmの中間窒化ケイ素(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)層14と、500nmの最上部熱分解酸化ケイ素層15とから構成される。後者の付着は、テトラエチルオルトシリケート(TEOS)を使用する低压化学蒸着(LPCVD)技法によって行うことが好ましい。たとえば、HOECHST社(ドイツ、ヴィースバーデン)が供給するAZ1350Jなどのフォトレジスト材料からなる層16は、約1100nmの厚さで構造の上に形成される。半導体構造10は、多数のチップを含む、処理すべきウェハの一部であることを理解されたい。フォトレジスト層16は、リソグラフィ・マスクを介してUV光に露光され、標準通りに現像されて、所望

のパターンを有するフォトリソマスクを形成する。プロセスのこの初期段階の構造を図1に示す。

【0005】次に、パターン化した層16は、乾式エッチングによりトレンチ・パッド12を形成する連続基礎層をパターン化するための現場用マスクとして使用する。現在のVLSI乾式エッチング・プロセスは、高圧プレーナ・プラズマ・エッチングまたは低圧反応性イオン・エッチングのいずれかによって実施される。このエッチング・プロセスは、通常、エッチングすべき材料の表面上に衝突させる反応種（原子、基、イオン）を所定のガスから生成することに依存する。材料とこれらの種との間で化学反応が起こり、表面から気体反応生成物が除去される。通常、フォトリソマスク16によりトレンチ・パッド12をエッチングするには、APPLIED MATERIALS INC社（米国カリフォルニア州サンタクラ

ラ）が供給する磁気強化反応性イオン・エッチング（MERIE）のAME PRECISION 5000というツールが適当である。様々な組成のガスを使用することができる。たとえば、以下の作業条件での四フッ化炭素（CF<sub>4</sub>）がある。

CF<sub>4</sub>の流量：105 sccm

電力：600W

圧力：17 Pa

【0006】次に、残りのフォトリソマスク層16を標準通り、たとえば、AME 5000ツールのもう1つの反応室で245℃のO<sub>2</sub>とN<sub>2</sub>のガス中で灰化することにより除去する。このステップの終了時の、トレンチ・パッド12に開口部17を備えた構造を図2に示す。図2から明らかなように、過剰エッチングによってシリコン基板11がわずかに除去されることに留意されたい。開口部17は、標準通り穴にすることができるが、そのような特定の形状に限定されない。

【0007】最後に、所望のトレンチ深さに達するまで、現場用マスクとしてパターン化したトレンチ・パッド12を使用してシリコン基板11をエッチングして、トレンチを形成する。通常、これは、トレンチをエッチングする限り、可変速度でSiO<sub>2</sub>の連続再付着を引き起こすような酸素ベースの化学作用を使用する、比較的複雑なプロセスによって実施される。たとえば、酸素をHeで希釈した（O<sub>2</sub>が30%/Heが70%）HBr + NF<sub>3</sub> + O<sub>2</sub>ガス混合物が適当である。特に、この組成では、エッチングしたケイ素と化合して臭化ケイ素基（SiBr）を形成する、ケイ素基と臭素基（Br）とをエッチングするフッ素基（F）が生成される。次に、この臭化ケイ素基が酸素と反応して前記SiO<sub>2</sub>再付着層が生成される。一般的な作業条件は次の通りである。

HBrのガス流量：65 sccm

NF<sub>3</sub>のガス流量：12 sccm

He/O<sub>2</sub>のガス流量：20 sccm

電力：700W

圧力：13 Pa

磁界：20 Gauss

【0008】この重要なステップについては、図3ないし図5を参照して以下に詳述する。

【0009】まず、予備清浄化ステップで上記のガス混合物（酸素なし）を使用し、前のトレンチ・パッド12のパターン化ステップ中に露光したシリコン表面上に生成された固有の酸化物層を除去する。この層と、より一般的にはすべての汚染源により、DRAMチップの信頼性に有害と思われるマイクロマスキング効果が引き起こされる。

【0010】次に、HBr + NF<sub>3</sub> + He/O<sub>2</sub>ガス混合物と上記のMERIEツールを使用して、ケイ素を所望の強い異方性により選択的にエッチングする。ケイ素がエッチングされるにつれて、化学量論比であると想定される薄い熱分解二酸化ケイ素（SiO<sub>2</sub>）の連続層が構造上に再付着され、特に、その上にカラーを形成するトレンチ側壁を不動態化する。SiO<sub>2</sub>の再付着により、適当な勾配の形成とトレンチ側壁のなめらかさが保証される。これは図3から明らかであるが、同図は初期段階でのトレンチ形成プロセスを示している。

【0011】図3では、SiO<sub>2</sub>再付着層とトレンチがそれぞれ番号18と19によって参照されている。典型的なテーパ構造の上にネックを形成するような、トレンチの最上部の再付着SiO<sub>2</sub>層の特定の形状に留意することは重要である。エッチングが開始されると、ただちにトレンチ深さDと再付着層の厚さEが連続監視される。

【0012】図4は、トレンチ形成プロセスの中間段階での構造10を示している。SiO<sub>2</sub>再付着層の厚さが増し、最大になっている。これに対して、ネックの寸法は最小になっている。ネックの寸法が小さすぎる場合、トレンチの開口部を遮断して、プラズマの消衰を引き起こす可能性がある。

【0013】その後、再付着SiO<sub>2</sub>層18の厚さは減少し、ネックの寸法は増加する傾向がある。所望の最終トレンチ深さD<sub>f</sub>に達すると、ただちにエッチング・プロセスが停止される。トレンチ形成プロセスのこの最終段階で結果的に得られる構造を図5に示す。具体的に図5は、その上に再付着層18が形成されたトレンチ19の典型的な輪郭を示している。最終トレンチ深さD<sub>f</sub>は、明らかにトレンチ形成プロセスの重要なパラメータである。しかし、再付着SiO<sub>2</sub>層の最終厚さE<sub>f</sub>とトレンチの最終勾配角度も重要なパラメータである。再付着層の厚さEは慎重に監視しなければならない。というのは、トレンチ形成プロセス中に熱分解SiO<sub>2</sub>層15の最上部に対していかなる作用も及ぼしてはならないからである。

【0014】多くの応用分野で満足のいく結果を達成するには、トレンチの物理特性を極めて慎重に管理しなけ

ればならないことは間違いないことである。これは、その最終勾配角度と最終深さDfによって示されるトレンチの断面輪郭があらゆる点で特に重要になるようなDRAM技術に特に当てはまる。したがって、これらのパラメータと、特にトレンチ深さDおよび再付着層18の厚さEをトレンチ形成プロセス中に連続して正確に監視させることは、最も重要なことである。このようなディープ・トレンチ形成プロセスを監視するための既知の方法としては、偏光解析法、レーザ回折測定、赤外線干渉計使用法がある。

【0015】前者の技法を使用し、SiO<sub>2</sub>再付着層18の厚さEを偏光解析法で連続測定し、その変動を求める。というのは、厚さの進展（エッチング期間または時間tに依存する）と勾配角度との間には比較的良好な相関関係が存在するからである。残念ながら、対応する深さDについてはこの相関関係が比較的不十分である。というのは、最終テーパ角度が同じである場合、トレンチの最終深さDfが様々になる可能性があるからである。結果的に完成後のトレンチを、図5の構造の段階でのサンプル・ウェハを用いて断面が得られるようにスライスし、SEM分析によって最終深さDfの正確な決定が可能になる。この値が仕様から外れている場合、ウェハのロット全体が不合格になるはずである。したがって、偏光解析法は正確な監視方法ではなく、余分な分析ステップを必要とし、最終的にウェハが無駄になる可能性がある。

【0016】レーザ回折測定技法によれば、小さい径のレーザ・ビームが垂直の入射角でウェハの表面に衝突する。トレンチ・パターンの個々のトレンチにより、入射ビームの回折が起こる。すべての個別トレンチ上でビームの入射が異なるので、反射ビームには、ゼロ次、1次、2次などのいくつかの反射次数が付いている。ゼロ次数は、その強度が高く、非関連情報を含むので、回折計で利用することができない。したがって、代わりに1次およびその次のいくつかの反射ビームを使用する。反射ビームをフォト・ダイオード検出器に集束し、強度の変動を表す電気信号を生成する。この信号により、エッチング中にオンラインでトレンチ・エッチング速度と深さを計算することができる。しかし、この技法にはいくつかの欠点がある。良好な信号対雑音比を得るためには、システムは最大数の屈折次数を捕捉するために大きいのぞき窓に関連する高度な光学装置を使用する。その結果、高価で比較的高度な機器が必要になる。また、検出器とウェハを特定の方に配向する必要がある。ビームの断面は、約数平方ミリメートルであり、したがって、ウェハの大きい面積を表していない。最後に、この技法では、RIE機器の反応室ののぞき窓に材料が本質的に付着することによって信号のひずみが発生するので、再現性が非常に低くなる。

【0017】最後に、赤外線干渉計使用技法は、レーザ

が発生する所定の波長（トレンチ寸法より4～25倍高い範囲）の使用に基づいている。構造10は、多数のトレンチ（格納ビット当たり1つのキャパシタ・トレンチ）からなるパターンを含むので、第1次およびそれ以上の次数に対して2次元回折格子のように作用する。垂直入射の場合、1つの期間T中のエッチング厚さに対応する距離分だけ、干渉信号の連続最小値が分離される。この技法を実施するシステムでは、比較ステップにより材料の屈折率を求めるためにある種のトレーニングを必要とする。トレンチ・エッチング速度と深さのパラメータをリアルタイムで計算するために、反射信号を記録し、使用する。最近発表された論文によると、この技法では、所定の範囲の波長を選択するので高精度の測定値が得られるようであるが、依然として研究所に限定されており、いまだに製造環境に適応させた機器は一切市販されていない。さらに、この技法は、高価であり、保守が難しく、トレンチ形成プロセス中に再付着層の厚さが変動するような現在の応用分野に十分適応されていないようである。

【0018】したがって、上記のすべての技法には具体的な制限がいくつかあるが、いずれの技法にも共通しているのは、たとえば、再付着層の厚さEまたはトレンチ深さDの進展などの1つの事象しか分析し監視することができない。事実、トレンチ形成プロセスの重要なパラメータのすべてを現場およびオンラインで監視するために製造環境に適応させた機器は一切市販されていない。トレンチ形成プロセスは、長々しいものであり、DRAMチップ製造の全体的な成功にとって非常に重要であることが分かっている。特に、カラーではなくトレンチの最下部のみのケイ素をエッチングすることが実際に困難であるので、再付着層の厚さを非常に正確に監視制御することが必要である。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】したがって、本発明の主な目的は、乾式エッチングによる半導体構造でのトレンチ形成プロセスを現場およびオンラインで監視するための方法を提供することにある。

【0020】本発明の他の目的は、本質的にゼロ次の干渉計使用法に基づく、トレンチ形成プロセスを現場およびオンラインで監視するための方法を提供することにある。

【0021】本発明の他の目的は、指定の波長の単色放射線によりほぼ垂直の入射角で半導体構造の比較的大きい面積を照射するような、トレンチ形成プロセスを現場およびオンラインで監視するための方法を提供することにある。

【0022】本発明の他の目的は、反射光を分光計に印加して、複合性を有する干渉計タイプの1次信号Sを生成するような、トレンチ形成プロセスを現場およびオンラインで監視するための方法を提供することにある。

【0023】本発明の他の目的は、前記1次信号Sをまずデジタル化し、次に数値フィルタを使用してフィルタ処理し、再付着とトレンチ・エッチング関連データをそれぞれ含む2つの2次信号S1およびS2を生成するような、トレンチ形成プロセスを現場およびオンラインで監視するための方法を提供することにある。

【0024】本発明の他の目的は、前記数値フィルタ処理が、低域フィルタと、干渉計使用現象の基本周波数付近に中心を合わせた帯域フィルタとを含むような、トレンチ形成プロセスを現場およびオンラインで監視するための方法を提供することにある。

【0025】本発明の他の目的は、その妥当性検査のために干渉計データと相関関係のある光学発光分光データを使用する、トレンチ形成プロセスを現場およびオンラインで監視するための方法を提供することにある。

【0026】本発明の他の目的は、反射光をもう1つの分光計に印加して、プラズマの挙動における異常を検出するために使用する第2の1次信号S\*を生成するような、トレンチ形成プロセスを現場およびオンラインで監視するための方法を提供することにある。

【0027】本発明の他の目的は、高機能予測保守に完全に適応させた、トレンチ形成プロセスを現場およびオンラインで監視するための方法を提供することにある。

#### 【0028】

【課題を解決するための手段】本発明は、乾式エッチング装置の反応室内に置かれたシリコン・ウェハにディープ・トレンチを形成するトレンチ形成プロセスをリアルタイムかつ現場で監視するための方法を提供することを目的とする。

【0029】この反応室には、ウェハ上部に配置され、それと並行の関係にある上部のぞき窓が設けられている。プラズマ処理中、指定の波長 $\lambda$ を有する光ビームが光ケーブルとレンズを介して上部のぞき窓からウェハに印加される。このレンズは、ほぼ垂直の入射角でウェハの比較的大きい面積を照射する並行光ビームを発生する。反射ビームは、前記レンズによって集束され、この波長に同調させた分光計に別の光ケーブルにより伝送される。したがって、この分光計から出力されるアナログ信号は、反射光の干渉を表す。

【0030】デジタル信号の方が信号処理が容易なので、このアナログ信号をA/D変換器でデジタル信号に変換することが好ましい。1次信号Sと呼ばれる、このデジタル信号は、信号処理のためにコンピュータに印加される。前記1次信号Sは低周波成分とより高周波の成分とを有する複合信号であることがすでに分かっている。したがって、本発明の監視方法の重要な態様によれば、この2つの成分は、Caue rタイプのフィルタを使用して、コンピュータ内で数値フィルタ処理によって抽出される。低域フィルタは、SiO<sub>2</sub>層の再付着を表す第1の2次信号S1を生成し、帯域フィルタ（干渉

計使用現象の基本周波数付近に中心を合わせたもの）は、トレンチ・エッチングを表す第2の2次信号S2を生成する。その結果、信号S1により、付着速度と再付着層の厚さをリアルタイムかつ現場で監視することができる。これに対して、信号S2により、トレンチ・エッチング速度と深さをリアルタイムかつ現場で監視することができる。

【0031】本発明の監視方法のもう1つの重要な態様によれば、波長 $\lambda$ を有する指定の種のプラズマ（たとえば、SiBr）によって発射された放射線は、光ケーブルを介してもう1つの分光計により反応室内に設けた横のぞき窓から観察される。この分光計は、プラズマの強度を表し、トレンチ深さが増加する限り連続して減少する振幅を有するアナログ信号を生成する。このアナログ信号は、A/D変換器で同様にデジタル化される。次に、1次信号S\*と呼ばれる、このデジタル信号はコンピュータに印加される。コンピュータは、S\*'というラベルが付いた、この信号S\*の派生信号を生成することができる。これらの信号S\*およびS\*'は、上記のパラメータ測定値の信頼性を損なう可能性のあるプラズマの異常を検出するために連続監視される。したがって、本発明の監視方法により、トレンチ深さDとSiO<sub>2</sub>再付着層の厚さEとを連続監視し、同時に上記のパラメータの永続妥当性検査を行うことができる。

【0032】本質的に、本方法は、ゼロ次干渉計使用法（上部のぞき窓による）と、標準の光学発光分光法（横のぞき窓による）とを同時に使用する。干渉計使用法では、一方で付着速度と付着層の厚さの変動とが得られ、もう一方でトレンチ・エッチング速度と深さの変動が得られる。これに対し、光学発光分光法は、トレンチ形成プロセス中に異常またはプラズマの消衰を特定するために使用する。これらのデータは、妥当性検査のための干渉計データと相関関係にある。最後に、本発明の方法により、所望の最終トレンチ深さDfが達成されたときにエッチングを正確に停止することができる。

#### 【0033】

【発明の実施の形態】次に図6に移行すると、同図には、本発明の監視方法を実行できるようになっているエッチング監視システム20が示されている。まず、システム20は乾式エッチング装置21を含み、この装置は処理すべき物品（通常はシリコン・ウェハ24）を保持する平面形状のサセプタ23を密閉するエッチ処理（または反応）室22とRF電源装置25とから本質的に構成される。本発明の重要な態様によれば、エッチ処理室22には、使用される放射線の波長に対し透過性を備える材料から作られ、干渉計タイプの強い反射信号を生成するためにウェハ24を適度に照射できるようにするための少なくとも1つの窓またはのぞき窓が設けられていることが不可欠である。その点で適当なエッチング装置の1つは、複数の単一ウェハ・エッチ処理室を含む、上

記のAME精度5000ツールである。図6に示すこのような実施態様の場合、上部のぞき窓26と呼ばれるのぞき窓は処理室22の上部壁に位置している。これにより、ほぼ垂直の入射角でウェハ24を照射することができる。このタイプのツールでは、サセプタ23は陰極であり、室壁はアースに接続されたもう一方の電極を形成する。2つの電極間で発生されるプラズマ27は、エッチング条件を表す化学種を含む。エッチングを行っている間、プラズマのこれらの種から放出される発光は、時間、エッチング材料、表面変性の関数として強度が変化

する。  
【0034】さらにシステム20は、本発明の方法を実施するのに適応した監視装置28を含む。光源29は、光ケーブル30およびコレクタ・レンズ31により上部のぞき窓26からウェハを照射する。本発明の教示により、指定の単色放射線波長 $\lambda$ が使用される。波長 $\lambda$ の選択の基礎にある基準については後述する。ウェハ24の表面から反射する光はレンズ31によって光ケーブル32に集束され、以下に上部分光計33と呼ばれる分光計（または分光器）に前記光ケーブル32によって伝送される。光ケーブル32は光ケーブル30と同じ構造を有する。本実施態様では、複数の基本光ファイバを密接かつ不規則に組み立てて、単一のファイバ束を形成する。光ケーブル30および32は、図6から明らかなように同一束のファイバから構築されている。前記光ケーブル30および32を形成する基本光ファイバは、ほぼ同一の光軸を有するように配置され、ウェハ24に対して垂直になっている。その結果、本発明の好ましい実施例によれば、光ケーブル30および32は、上部のぞき窓26からほぼ垂直の入射角でウェハ24を調べることにな

る。さらにこの好ましい実施例によれば、レンズ31は、上部のぞき窓26からの並行光ビームによってウェハ24の比較的大きい面積が確実に照射されるようにする。この特定の実施態様については、図7を参照してさらに詳しく後述する。しかし、他の実施態様では、ウェハの小さい面積だけを照射する集束光ビームなどを検討することも可能である。  
【0035】上部分光計33は、たとえば、SOFIE INST社（フランスArpajon）から市販されているDIGISEMというモデルである。このモデルの分光計は広範囲のスペクトルの照射線について同調可能であり、このケースでは、水銀ランプ29から放出される上記の指定の放射線波長 $\lambda$ に同調している。一般に当業者には既知のように、分光計は、モノクロメータと検出器とから構成される。光ケーブル32を介して伝送された光は、指定の放射線波長を選択する走査モノクロメータによって受け取られる。次に選択された放射線が検出器によって受け取られる。この検出器は、低雑音ダイオード検出器にするが、または好ましくはアナログ・フィルタおよび増幅器と結合された低雑音光電子増幅管にすることができる。

図6に示す実施態様が特定のものであるので、分光計33の増幅セクションから出力されるアナログ信号は干渉計タイプの信号である。このアナログ信号は処理／分析ユニット34に印加され、そこで、本発明の教示に従ってデジタル化され、処理される。その性質がアナログかデジタルかにかかわらず、この信号は以下、1次信号Sと呼ぶことにする。

【0036】本発明のもう1つの重要な態様によれば、プラズマ27が発生する光学発光にデータを関連付けることが非常に望ましい。そのため、ウェハ表面に近接した横または側面のぞき窓26\*からほぼゼロの入射角でプラズマ27を調べる横光ケーブル32\*がもう1つの分光計（または分光器）に接続されている。この分光計は、以下、横分光計33\*と呼ぶが、プラズマ・グロー放電における光の強度の変化を示すアナログ信号を生成する。光ケーブル32\*は、同様に基本光ファイバの束によって構築されている。最後に、このアナログ信号は、処理／分析ユニット34で処理される前にデジタル化される。その性質がアナログかデジタルかにかかわらず、信号S\*は以下、1次信号S\*と呼ぶことにする。

【0037】トレンチ形成プロセス中、反応の副生物として臭化ケイ素ベースの基が生成され、グロー放電スペクトルは広範囲の波長における何らかのSiBr放射線を示す。その結果、臭化ケイ素は選択された種になっており、分光計33\*を同調させる波長 $\lambda$ \*として、最短波長、すなわち、447nmの放射線（他の放射線から十分分離され、パーセントによる増幅変動が最大になっている）が選択されている。当業者には既知のように、1次信号S\*は、プラズマの安定性と均質性に関する情報を提供し、したがって、ウェハごとのプロセスの再現性に関する情報を提供することができる。このため、アナログ信号S\*を連続監視すると、トレンチ形成プロセス中にプラズマに発生する異常のうち、トレンチ・パラメータの測定値の信頼性を損なう恐れのあるものに関する有用な情報（またはトラブルシューティング）が得られることになる。

【0038】図6から明らかなように、処理／分析ユニット34は、2つのブロック35および36から構成されている。ブロック35は、アナログ信号SおよびS\*のデジタル化に必要なI/V変換器、アンチエイアシング（低周波）フィルタ、A/D変換器、バッファを含む。アナログ信号SおよびS\*のデジタル化は、標準通りの標本化技法によって行われる。ブロック36は、通常、いったんデジタル化され、ブロック35から出力された前記1次信号SおよびS\*を処理することが主な役割であるIBM PS/2などのソフトウェア動作のデジタル・コンピュータである。コンピュータ36は、2次信号S1およびS2と呼ばれる2つの信号を生成するが、これらの信号は数値フィルタ処理によって1



次信号Sから得られる。これらの信号S1およびS2は、本発明の方法にとって不可欠なものである（その性質については後述する）。さらに、コンピュータ36は、不安定さをより正確に検出するためにさらに数値フィルタ処理によって1次信号S\*から求めた派生信号S\*を生成する。最後に、装置28は、コンピュータ36に接続されたプリンタ37（またはチャート記録ユニットまたはプロッタまたは視覚表示装置）をさらに含んでいる。プリンタ37により、オペレータの便宜のために、本監視方法により生成されたすべての信号を印刷することができる。コンピュータ36は、遠隔制御ユニットにより、RF周波電源25に接続された制御線38を介してエッチ処理室22の動作をリアルタイムで監視することができる。この線38により、エッチ・エンドポイント検出時、すなわち、所望の最終トレンチ深さDfが達成されたとき、または異常（プラズマの消費または過剰な不安定条件）が発生した場合に、トレンチ形成プロセスを自動的に切断することができる。

【0039】ただし、SOFIE INST社（フランスArpajon）から販売されているモデルSDAなどの高度な分光計を使用する場合は、分光計33および33\*の代わりに分光計を1つだけ使用することも可能であることに留意されたい。このタイプの高度な分光計には、マルチチャネル・フォトダイオード・アレイが設けられている。

【0040】指定の波長Lを有する前記放射線を生成する光源29は、UVP社（米国カリフォルニア州San Gabriel）から販売されているタイプ90-0020-01など、254~579 nmの範囲の波長を有する8本の放射線を出すような、低圧水銀ペン光線ランプであることが好ましい。しかし、HAMAMATSU PHOTONICS KK.（日本）から販売されているモデルL2174-02など、250~800 nmの範囲の連続スペクトルを有するキセノン・アーク・ランプも、検討中の特定の応用分野とは無関係に所望の波長を適当に提供することができる。波長Lの選択は、以下の基準を使用して行われる。すなわち、信号S1の周波数を多すぎない程度に増加することにより、付着現象（その低周波数を特徴とする）の高精度の制御を可能にするのに十分な短かさにしなければならない。というのは、トレンチ形成プロセス中、上部のぞき窓26の内面にもSiO<sub>2</sub>の薄い層が付着するからであり、波長が短ければ短いほど、吸収量が増すからである。したがって、低周波の2次信号S1が示す低速事象（再付着現象）の監視と、より高周波の2次信号S2が示す高速事象（トレンチ・エッチング）の監視との妥協の結果として、選択を行わなければならない。任意で、もう1つの基準は、プラズマ内の種によって放出される放射線の波長と干渉しないような放射線波長を選択することである。プラズマによる光学発光との寄生相互作用を回避すると、本発明により探求される効果である光学発光光学と、干渉計使用法という2通りの現象の間に良好な相

関関係ができることになる。365 nmまたは407 nmに相当する波長があらゆる点で非常に良好な選択であることが実験により立証されている。以下の説明では、指定の波長Lは365 nmになるように選択されているものとする。

【0041】図7は、図6の監視装置28のコリメータ・セクション39をより詳しく示している。これは、本質的には、コレクタ・レンズ31を密閉するハウジング40から構成されている。ハウジング40は、上部のぞき窓26に面する透過的な底部を有し、その上部に接続された光ケーブル30および32の合流部分を受け入れるようになっている。（光ケーブル30を介して）ウェハに向けられ、（光ケーブル32を介して）そこから反射される光ビーム41の形状は、図7に明確に示されている。コリメータ・セクション39の役割は、ウェハ24の比較的大きい面積（数平方センチメートル）が照射されるように、小径の光ビームをより大きい径を有する並行ビームに転換することである。前述のように、他の実施態様（たとえば、集束光ビーム）を使用することも可能である。

【0042】本発明の方法の説明

図8は、ウェハ表面の反射率の結果として上部分光計33から生成される1次信号S（ボルト単位）を時間（秒単位）の関数として示す曲線40を示している。曲線41は、標準通りの正規化（0~100%の間）後に1次信号Sから派生する信号S'を示している。ブロック35のアンチエイリアシング・フィルタが安定化され、しかも増幅後、1次信号Sは、混合された異なる性質の複数の信号から構成されているように見える。1次信号Sもその派生信号S'もそのように利用できないことは明らかである。発明者らは、図8の1次信号Sを構成する信号成分の性質を理解するため、様々な実験を行った。まず、比較的高周波の成分がAME5000ツールによる寄生雑音であると想定し、低域数値フィルタでこの高周波成分をフィルタ処理し除去した。これにより、図1ないし図5に関連して前述した再付着現象に関する有益な情報を明らかに含む低周波信号が得られたが、いずれもトレンチ形成プロセスとは無関係のようだった。このため、高周波成分について徹底的に調べた。詳細分析によれば、この信号がトレンチ関連情報をすべて含んでいることが分かった。したがって、本質的に、本発明の監視方法はまず、上部分光計33から生成された干渉計タイプの1次信号Sが、再付着関連データを含む低周波成分とトレンチ形成関連データを含むより高周波の成分という2つの成分からなる複合信号であるという認識に基づいている。より具体的には、再付着関連データは再付着速度と再付着層の厚さを含み、トレンチ関連データはトレンチ・エッチング速度と深さを含む。その結果、エッチング速度/再付着速度の比率として、係数Rを定義することができる。したがって、本発明の目的は、上部分



13

光計33から生成される1次信号Sを処理し、そこに固有に含まれるすべての情報にアクセスする方法、すなわち、これまで開発されなかった可能性の1つを提案することにある。本発明の基礎にある基本的な発明概念は、1次信号Sを2つの数値フィルタで適切に処理することにより実用的に実施される。低域フィルタは低周波成分(2次信号S1)を出力し、広域フィルタ、好ましくは狭帯域フィルタはより高周波の成分(2次信号S2)を出力する。これらのフィルタはいずれも楕円再帰タイプである。帯域フィルタの中心周波数は、干渉計使用法によって観察すべき物理現象、すなわち、トレンチ形成プロセスの周波数に中心を合わせてある。この中心合わせは、標準通り、標準化周波数Fsを適当に選択することによって自動的に行われる。

【0043】数値フィルタは、いくつかの技術分野で広く使用されている。また、数値フィルタは、フーリエ、ラプラスなど、特定の空間での所定の伝達関数を有するブラック・ボックスとして理解することができる。ラプラスの複素平面では、伝達関数H(p)はH(p)=S(p)/E(p)という関係によって定義される。この場合、E(p)は入力信号であり、S(p)は出力信号である。無限パルス応答の数値フィルタは、以下の関係の特徴とする。

【0044】

【数1】

$$S_n = \sum_{j=0}^{j=q} b_j E_{n-j} - \sum_{i=0}^{i=p} a_i S_{n-1}$$

【0045】基本的に数値フィルタの合成は、その周波数応答が決定された後の上記係数a<sub>i</sub>およびb<sub>j</sub>の計算にある。そのため、既知の方法は、応答が妨げられる禁止域を定義する帯域またはモデルの使用に基づいている。この時点では、所望の周波数応答をもたらす前記係数の最小数および値の決定が残っている。係数の数が多ければ多いほど、減衰勾配が改善される(ただし、応答が遅くなるという犠牲を伴う)。様々なタイプの周波数応答が可能であるが、この例では、Cauerタイプの数値フィルタを使用することが好ましい。というのは、このタイプの数値フィルタの場合、計算すべき係数の数と減衰勾配との妥協が良好になるからである。当業者には既知のように、前記係数の計算は、NATIONAL INSTRUMENTS社(米国オースチン)から販売されているLAB WINDOWSなどの特定のソフトウェアまたは計算盤を使用して行われる。概要については、図9および図10を参照した以下に示す。

【0046】次に図9に移行すると、同図には、低域フィルタ対正規化周波数F/Fsの減衰図(db単位)の概略が示されている。この場合、Fsは標準化周波数である。図9から明らかなように、低域フィルタを定義するために2つの帯域(灰色の区域)が必要である。図9

14

のfpとfaは、通過帯域(I)と減衰帯域(II)との間の遮断周波数を定義する正規化周波数を意味する。同様に、一方のApとAaおよびもう一方のAa'は、通過帯域と減衰帯域の減衰レベルをそれぞれ意味する。曲線42は、Cauer低域フィルタの典型的な(正規化)周波数応答を示している。

【0047】同様に、図10は、帯域フィルタ対正規化周波数F/Fsの減衰図の概略を示している。図10では、帯域フィルタを定義するために3つの帯域が必要なので、正規化周波数fpとfaの細区分が必要になる。一方で、周波数fa-とfa+は帯域IおよびIIIの上限と下限をそれぞれ定義するのに対し、もう一方で、周波数fp-とfp+は帯域IIの下限と上限を定義する。同様に、Ap、Aa、Aa'は前述と同じ意味を有する。すなわち、図10に示す各種帯域の減衰レベルを定義する。曲線43は、Cauer帯域フィルタの典型的な(正規化)周波数の減衰を示している。前述のように、帯域IIは、干渉計現象の基本周波数に対応する周波数Foに中心が合わされているので、fp- < fo < fp+ (ただし、fo = Fo/Fs) という関係になる。

【0048】図8の曲線40から明らかなように、1次信号Sは、600秒にほぼ相当する限定された期間のみ、コンピュータ36によって使用可能であり、この遅延後、この信号の強度は非常に弱くなり、正確さが不十分になると思われる。1次信号S\*にも同じ理由が当てはまるので、図11ないし図13はその期間の信号波形のみを示すことになる。

【0049】次に図11に移行すると、同図には、1次信号Sのフィルタ処理が効率よく行われなかったときの2次信号S1およびS2の波形がまず示されている。曲線44は、高周波成分の影響が無視できない場合の1次信号Sの低周波成分である2次信号S1を示している。同様に、曲線45は、その周期性と形状を妨げるような低周波成分の影響が明らかな場合の1次信号Sの高周波成分である2次信号S2を示している。このため、2次信号S1およびS2は、依然として、トレンチ形成プロセスを正確に監視するのに利用しにくいものとなっている。図11は、横分光器33\*から生成され、光学発光信号と呼ばれる1次信号S\*と、それから派生した信号S\*'とをそれぞれ示す、曲線46および47をさらに示している。これらの信号の役割については、以下に詳述する。

【0050】図12は、効率よくフィルタ処理するために数値フィルタの係数が完全に計算されているときの同一信号、すなわち、S1、S2、S\*、S\*'の波形を示している。曲線48は、低速事象に関連するものとして明確に現れる2次信号S1を示している。曲線49は、明確により高速の事象に関連すると思われる2次信号S2を示している。その結果、この期間内の波形のみが図11に示されている。曲線48は、付着速度とSi

O<sub>2</sub>再付着層の厚さを決定するために使用し、曲線49は、標準の方法によりトレンチ深さとエッチング速度を決定するために使用する。たとえば、2次信号S1に関する限り、2つの連続するゼロが $L/4 * N1$ に相当する厚さの変動 $dE$ に対応する。この場合、 $L$ は指定の放射線波長であり、 $N1$ は「有効媒体」の理論によるトレンチ・パッドの屈折率である（たとえば、IBMテクニカル・ディスクロージャ・ブルテン、Vol. 34, No. 5, 1991年10月、pp. 200および201に発表されたM. レイ(Ray)の論文「Etch control by use of infrared reflectivity measurements」を参照されたい）。したがって、屈折率 $N1$ は実験に基づいて決定される。一方のゼロからもう一方のゼロまで移動するのに必要な時間間隔は半分の期間 $T1/2$ に相当し、したがって、その期間の再付着速度 $R1$ は $R1 = dE / (T1/2) = L / 2 * N1 * T1$ のようになる。平均再付着速度 $R(1)$ は、時間の関数としてほぼ直線的に減少する。同様に、2次信号S2の場合、信号S2の半分の期間のトレンチ・エッチング速度 $R2$ は $dD / (T2/2) = L / 2 * N2 * T2$ によって示される。この場合、 $dD$ はトレンチ深さの変動であり、 $N2$ はトレンチの屈折率であり、 $T2$ は信号S2の期間である。総エッチング期間（ならびに、その結果のエッチ・エンド・ストップ・ポイント）は、約600秒というこの期間中に決定された平均トレンチ・エッチング速度値 $R(2)$ から外挿される。図8に関連して示される特定の作業条件によれば、8  $\mu$ mというトレンチ深さをもたらしための総エッチング期間は約1200秒である。さらに上記の条件により、以下の数値が測定されている。通常、信号S1の場合（サンプリング周期 $Ts1$ が約3.6秒の場合）、期間 $T1$ は約200秒であり、屈折率 $N1$ は約1.5であり、再付着層の厚さの変動 $dE$ は約30nm/分である。信号S2の場合（サンプリング周期 $Ts2$ が約0.6秒の場合）、期間 $T2$ は約20秒であり、屈折率 $N2$ は約1であり、トレンチ深さの変動 $dD$ は約450nm/分である。その結果、2次信号S1とS2の両方についてコンピュータが期間を計算すると、ただちにトレンチ形成プロセスの重要なパラメータを決定することができる。さらに図12の曲線50および51は、1次信号S\*と派生信号S\*'をそれぞれ示している。一般に、信号S\*（曲線50）は連続減少するが、直線的ではない。これは、トレンチ形成プロセスの開始時には直線的かつ迅速に減少し、所与の時間後にはより低速になるが、異なる形状を有する傾向がある。上記の約600秒という期間は信号S\*について有効な測定を行うためにも妥当である。したがって、プラズマの挙動に関する貴重な情報を含む信号S\*を2次信号S1およびS2と組み合わせて利用すると、トレンチ形成プロセスに関する追加データが得られる。この点については、図13を参照してさらに詳述する。

【0051】図13は、不安定さの次にプラズマの消費が続く典型的なケースを示している。曲線52は1次信号S\*を示し、曲線53は別の実験での信号S\*'を示している。曲線52に見られる小規模な不安定さ54は、重要なサージを示す曲線53ではかなり明白なものになっている。また、曲線52はポイント55でのプラズマの消費も示している。不安定さとプラズマの消費はどちらも容易に検出することができる。過剰な数のサージが特定された場合、トレンチ形成プロセスを自動的に停止することができる。それに関連して、プラズマの消費も検出できるようになっているコンピュータ36でサージ・カウントも実施することができる。

【0052】図14は、本発明の監視方法の重要なステップを要約した流れ図56を示している。ボックス57により、乾式エッチング装置の空にした反応室にウェハを入れる。次に、上記のようにトレンチ・エッチング中にSiO<sub>2</sub>層が基板上に再付着するように、酸素を含むプラズマを生成する（ボックス58）。指定の放射線の並行光ビームを使い、ほぼ垂直の入射角で基板の比較的大きい面積を照射する（ボックス59）。次に、ボックス60により、反射光を上部分光計33に印加し、干渉計タイプの1次信号Sを生成する。次に、ボックス61から明らかなように、低周波成分を抽出するための低域フィルタと、より高周波の成分を抽出するために干渉計使用現象の基本周波数付近に中心を合わせた帯域フィルタという2つのフィルタに前記1次信号Sを同時に印加し、それぞれの第1および第2の2次信号S1およびS2を生成する。これに対して、プラズマの特定の種（たとえば、SiBr）から放出される光を同時に調べる（ボックス59'）。この光を横分光計33\*に印加し（ボックス60'）、次に横分光計はプラズマの光の強度の変化を示す1次信号S\*を生成する。ボックス61'では、信号S\*を処理し、その派生信号S\*'を生成する。最後に、ボックス62でこれらの信号をリアルタイムで監視する。前記第1の2次信号S1は時間の関数として監視し、再付着速度と再付着層の厚さを測定する。前記第2の2次信号S2は時間の関数として同様に監視し、トレンチ深さとエッチング速度を測定する。派生信号S\*'は、上記のトレンチ形成パラメータの妥当性検査を行うために監視する。ボックス63が示すように、所望の最終トレンチ深さ $Df$ が達成されると、エッチング・プロセスを停止する。

【0053】したがって、本発明の監視プロセスは、半導体構造製造の分野および高機能予測保守の分野において多数の貴重な応用が可能である。

【0054】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【0055】(1) シリコン・ウェハの基板でのトレンチ形成プロセス中にトレンチ深さおよびSiO<sub>2</sub>再付着層の厚さのパラメータをリアルタイムかつ現場で監視す

るための方法において、

- a) エッチング装置の空にした反応室にウェハを入れるステップと、
- b)  $O_2$ を含むプラズマを生成して前記基板の少なくとも一部に所望のトレンチ・パターンをエッチングし、トレンチ形成中に $SiO_2$ 層が再付着するステップと、
- c) 少なくとも1つの指定の放射線波長(L)を含む光ビームを使い、適当な入射角で前記一部の所定の面積を照射し、干渉計タイプの反射光を発生するステップと、
- d) 反射光を分光計に印加し、1次信号(S)を生成するステップと、
- e) 前記1次信号を構成しそれぞれ2次信号S1およびS2と呼ばれる低周波成分と、より高周波の成分とを抽出するために前記1次信号を処理するステップと、
- f) 再付着速度と $SiO_2$ 再付着層の厚さ関連データとを含む前記2次信号S1と、トレンチ・エッチング速度とトレンチ深さ関連データとを含む前記2次信号S2とを監視するステップと、
- g) 所望の最終トレンチ深さDfが達成されると、エッチングを停止するステップとを含むことを特徴とする方法。

(2) 前記ステップe)が、低周波成分を抽出するための低域フィルタと、高周波成分を抽出するために干渉計使用現象の基本周波数付近に中心を合わせた帯域フィルタという2つのフィルタに前記1次信号を同時に印加することにあることを特徴とする、上記(1)に記載の方法。

(3) i) ステップc)と同時に、構造に近接する分光計を使い、ゼロの入射角で所定の放射線波長(L\*)を有するプラズマの種を観察するステップと、  
j) 前記放射線を分光計に印加し、プラズマの光学発光を示す別の1次信号(S\*)を生成するステップと、  
k) 前記2次信号(S1およびS2)との相関関係の有無について前記1次信号(S\*)またはその派生信号(S\*')を監視し、その妥当性検査のためにプラズマの異常(不安定さ、消衰など)を特定するステップとをさらに含むことを特徴とする、上記(1)または(2)に記載の方法。

(4) ステップc)が、多数のトレンチを含むウェハの大きい面積または少数のトレンチを含むウェハの小さい面積のいずれかを照射することにあることを特徴とする、上記(1)、(2)、または(3)に記載の方法。

(5) 前記フィルタが、アナログ・タイプかまたはデジタル・タイプのいずれかであることを特徴とする、上記(1)ないし(4)のいずれかに記載の方法。

(6) 数値タイプの前記フィルタがCauerフィルタであることを特徴とする、上記(6)に記載の方法。

(7)  $L=365\text{ nm}$ であり、 $L*=447\text{ nm}$ であることを特徴とする、上記(1)ないし(7)のいずれかに記載の方法。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来のトレンチ形成プロセスの概略を示す、半導体構造の部分断面図である。

【図2】従来のトレンチ形成プロセスの概略を示す、半導体構造の部分断面図である。

【図3】従来のトレンチ形成プロセスの概略を示す、半導体構造の部分断面図である。

【図4】従来のトレンチ形成プロセスの概略を示す、半導体構造の部分断面図である。

【図5】従来のトレンチ形成プロセスの概略を示す、半導体構造の部分断面図である。

【図6】本発明により、図1ないし図5に関連して図示するトレンチ形成プロセスを監視できるようになっている上部分光計と横分光計とを含む、エッチング監視システムの概略図である。

【図7】並行光ビームによって処理中のウェハの比較的大きい面積を照射するように設計された図6のシステムのコリメータ・セクションの拡大図である。

【図8】これまで製造環境で使用されていなかった上部分光計によって出力される複合性の1次信号Sとそれから派生した信号S'との典型的な波形を示す図である。

【図9】2次信号S1を生成するために本発明の方法により図8の1次信号Sをフィルタ処理するために使用する低域数値フィルタの減衰図の概略を示す図である。

【図10】2次信号S2を生成するために本発明の方法により図8の1次信号Sをフィルタ処理するために使用する帯域数値フィルタの減衰図の概略を示す図である。

【図11】そのフィルタ係数が一方で光学発光信号S\*ともう一方でその派生信号S\*'に完全に適応していない2つの数値フィルタで図8の1次信号Sを粗フィルタ処理した後に得られる2次信号S1およびS2の波形を示す図である。

【図12】適当なフィルタ係数が計算されているときに図8の1次信号Sを効率よくフィルタ処理した後に得られる2次信号S1およびS2の波形を示す図である。光学発光信号S\*とその派生信号S\*'は変化しないままである。

【図13】プラズマの不安定さの後にプラズマの消衰が続く異常の場合の光学発光信号S\*とその派生信号S\*'との典型的な波形を示す図である。

【図14】本発明の監視方法の重要な処理ステップの流れ図の概略を示す図である。

【符号の説明】

57 プラズマ・エッチング装置にシリコン・ウェハを入れる

58 エッチングを開始する

59 指定の放射線でウェハを照射する

59' プラズマから放出される所定の放射線を調べる

60 反射光を上部分光計に印加し、1次信号を生成する

19

20

60' 放射線を横分光計に印加し、1次信号S\*を生成する

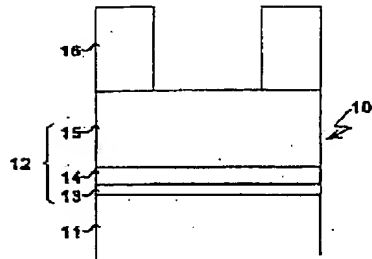
61 信号の低周波成分と高周波成分をフィルタ処理し、2次信号S1およびS2を生成する

61' 1次信号S\*を処理し、派生信号S\*'を生成する

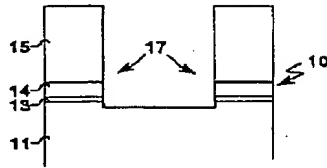
62 前記信号S1、S2、S\*、S\*'を監視する

63 エッチングを停止する

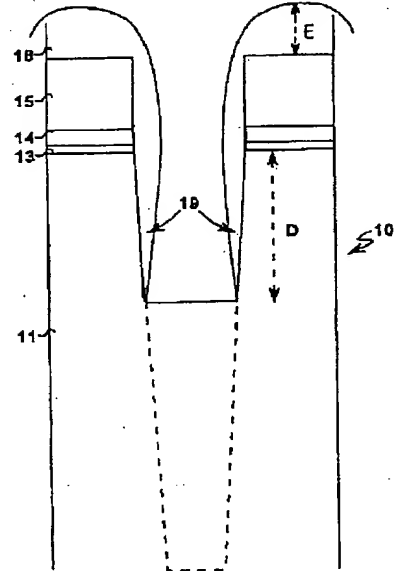
【図1】



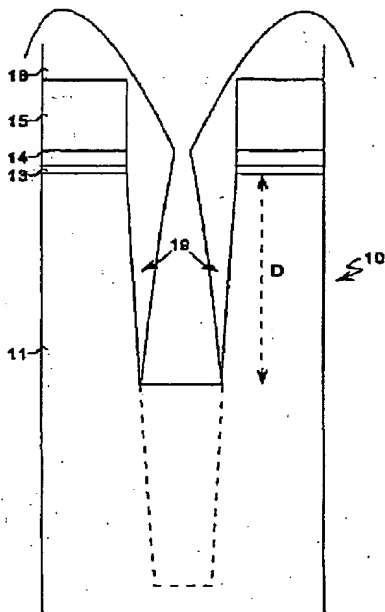
【図2】



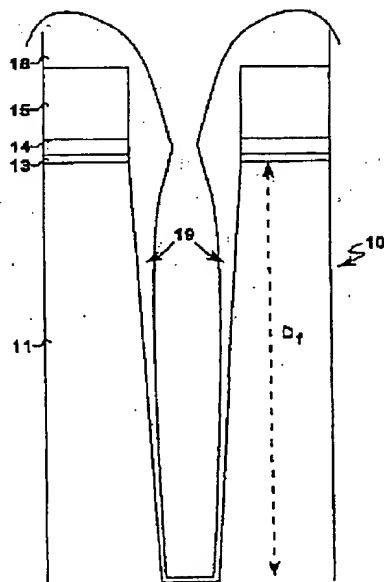
【図3】



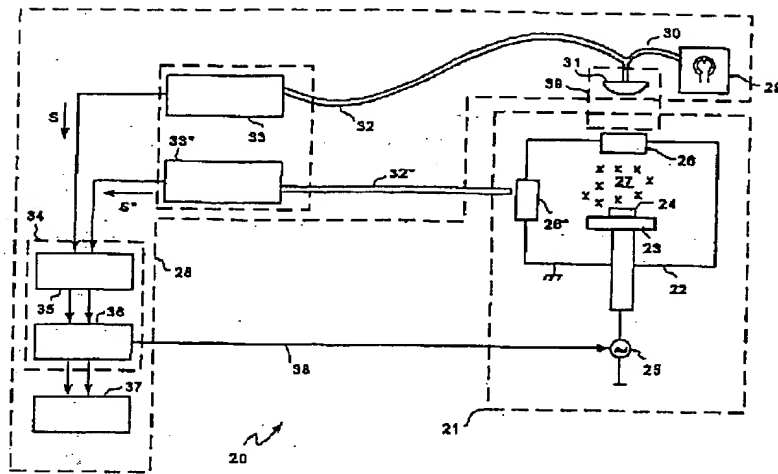
【図4】



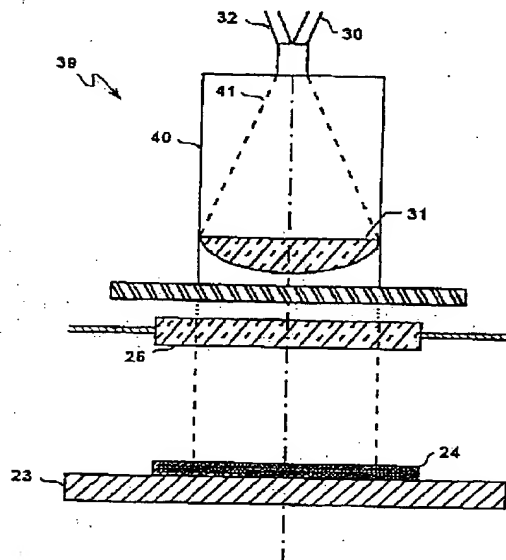
【図5】



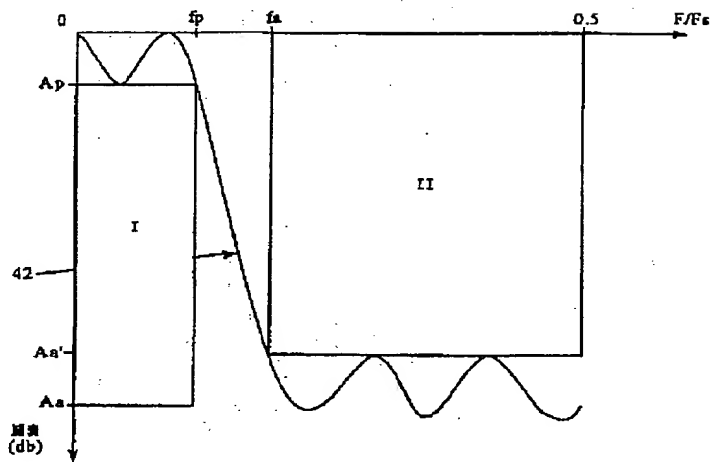
【図6】



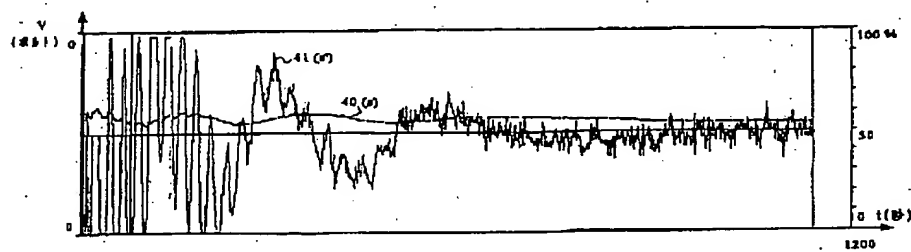
【図7】



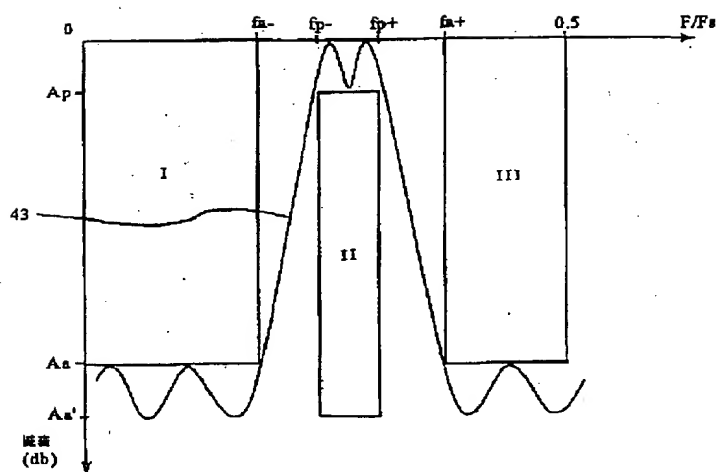
【図9】



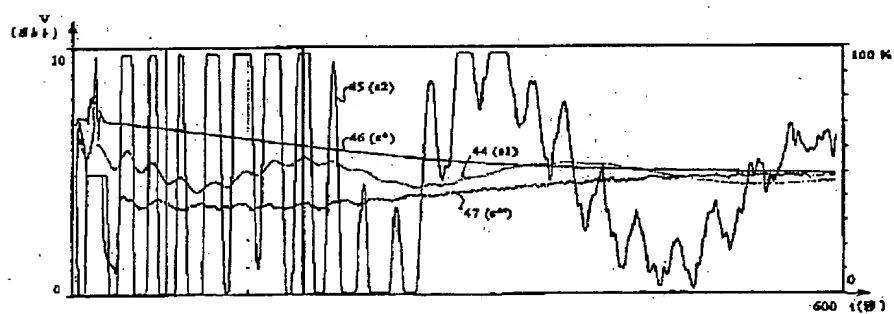
【図8】



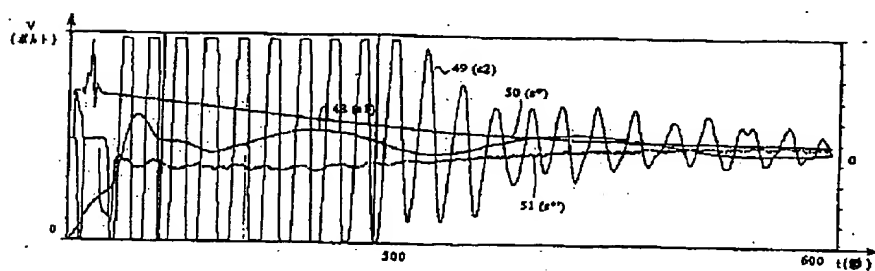
【図10】



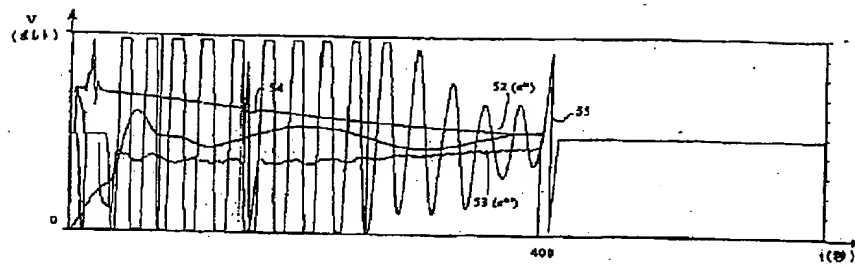
【図11】



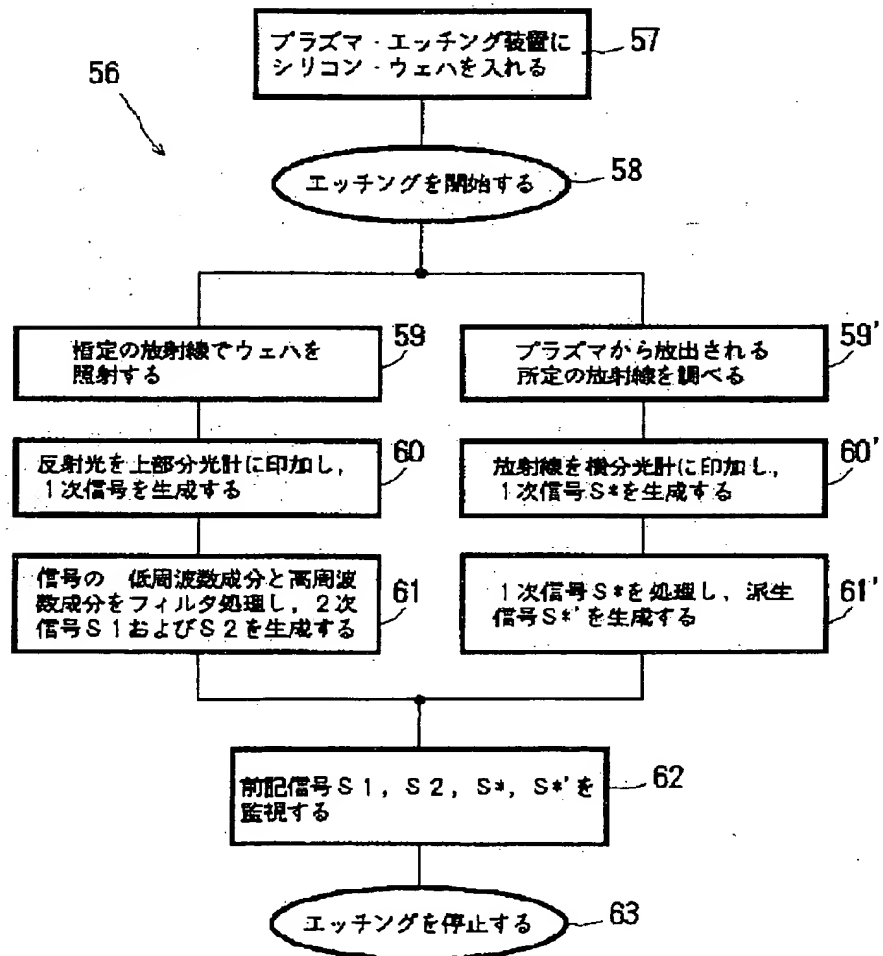
【図12】



【図13】



【図14】





## 【手続補正書】

【提出日】平成8年10月18日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図面の簡単な説明

【補正方法】変更

## 【補正内容】

## 【図面の簡単な説明】

【図1】従来のトレンチ形成プロセスの概略を示す、半導体構造の部分断面図である。

【図2】従来のトレンチ形成プロセスの概略を示す、半導体構造の部分断面図である。

【図3】従来のトレンチ形成プロセスの概略を示す、半導体構造の部分断面図である。

【図4】従来のトレンチ形成プロセスの概略を示す、半導体構造の部分断面図である。

【図5】従来のトレンチ形成プロセスの概略を示す、半導体構造の部分断面図である。

【図6】本発明により、図1ないし図5に関連して図示するトレンチ形成プロセスを監視できるようになっている上部分光計と横分光計とを含む、エッチング監視システムの概略図である。

【図7】並行光ビームによって処理中のウェハの比較的大きい面積を照射するように設計された図6のシステムのコリメータ・セクションの拡大図である。

【図8】これまで製造環境で使用されていなかった上部分光計によって出力される複合性の1次信号Sとそれから派生した信号S'との典型的な波形を示す図である。

【図9】2次信号S1を生成するために本発明の方法により図8の1次信号Sをフィルタ処理するために使用する低域数値フィルタの減衰図の概略を示す図である。

【図10】2次信号S2を生成するために本発明の方法により図8の1次信号Sをフィルタ処理するために使用

する帯域数値フィルタの減衰図の概略を示す図である。

【図11】そのフィルタ係数が一方で光学発光信号S\*ともう一方でその派生信号S\*'に完全に適応していない2つの数値フィルタで図8の1次信号Sを粗フィルタ処理した後に得られる2次信号S1およびS2の波形を示す図である。

【図12】適当なフィルタ係数が計算されているときに図8の1次信号Sを効率よくフィルタ処理した後に得られる2次信号S1およびS2の波形を示す図である。光学発光信号S\*とその派生信号S\*'は変化しないままである。

【図13】プラズマの不安定さの後にプラズマの消衰が続く異常の場合の光学発光信号S\*とその派生信号S\*'との典型的な波形を示す図である。

【図14】本発明の監視方法の重要な処理ステップの流れ図の概略を示す図である。

## 【符号の説明】

57 プラズマ・エッチング装置にシリコン・ウェハを入れる

58 エッチングを開始する

59 指定の放射線でウェハを照射する

59' プラズマから放出される所定の放射線を調べる

60 反射光を上部分光計に印加し、1次信号を生成する

60' 放射線を横分光計に印加し、1次信号S\*を生成する

61 信号の低周波成分と高周波成分をフィルタ処理し、2次信号S1およびS2を生成する

61' 1次信号S\*を処理し、派生信号S\*'を生成する

62 前記信号S1、S2、S\*、S\*'を監視する

63 エッチングを停止する

フロントページの続き

(72)発明者 ジャン・カントルー  
フランス91310 モンレリー アレ・デ・  
ボミエ18

(72)発明者 フィリップ・コロネル  
フランス91300 マッシー リュ・ノルマ  
ンディ・ニエーマン 23